Klimawandel beeinflusst das Tierwohl bei Milchkühen

Jürg Fuhrer und Pierluigi Calanca
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zürich
Auskünfte: Jürg Fuhrer, E-Mail: juerg.fuhrer@art.admin.ch, Tel. +41 44 377 75 05



Mit dem Klimawandel steigt das Risiko von Hitzestress bei weidenden Tieren. (Foto: ART)

Einleitung

Die Klimaentwicklung der letzten Jahrzehnte zeigt für die Schweiz deutlich steigende Temperaturen. Die Jahresmittelwerte stiegen zwischen 1981 und 2010 je nach Region zwischen 0,9 und 1,4 °C (Ceppi *et al.* 2010). Aufgrund der neusten Klimaprojektionen für drei Regionen der Schweiz (Nordost-, Nordwest-, Südschweiz) wird für die Zukunft ein weiterer Anstieg erwartet. Gegenüber den letzten 30 Jahren beträgt dieser bis zum Ende des Jahrhunderts 3,2 bis 4,8 °C (A2-Emissions-Szenario) und 2,7 bis 4,1 °C (A1B-Emissions-Szenario; CH2011 2011). Dieser Trend hin zu wärmeren Temperaturen mit häufiger werdenden Extremtemperaturen hat weitreichende Folgen für Mensch, Tier und Umwelt. Dazu gehört, dass sich die klimatischen Bedingungen für die landwirtschaftlichen Nutztiere vielerorts verschlechtern (IPCC 2007). Diesem Aspekt des Klimawandels wurde aber bisher noch wenig Aufmerksamkeit geschenkt.

Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit beeinflussen Tierwohl und Leistungsmerkmale direkt. Bei Milchkühen bedeuten steigende Temperaturen bei hoher Luftfeuchtigkeit eine Abnahme der Futteraufnahme und der Milchleistung, und Veränderungen in der Milchqualität (West 2003). Zusätzlich steigt der Flüssigkeitsbedarf. Weitere Folgen länger dauernder Hitzelast betreffen Reproduktion, Wachstum und Gesundheit (Kadzere *et al.* 2002). Während in geschlossenen Stallsystemen die klimatischen Bedingungen mit technischen Mitteln geregelt und für jede Tiergattung optimal eingestellt wer-

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

den können, ist dies in offenen Stallsystemen und bei der Weidehaltung nicht möglich. Es stellt sich somit die Frage, ob und in welchem Ausmass die Aussenbedingungen für Nutztiere mit dem Klimawandel in der Schweiz ungünstiger werden und in welchem Ausmass eine Beeinträchtigung des Tierwohls zu erwarten ist.

In der vorliegenden Analyse wird anhand eines einfachen Indikators für den Temperatur-Feuchte-Stress bei Kühen untersucht, wie stark sich die steigenden Temperaturen seit 1981 bereits negativ auf das Risiko für Hitzestress ausgewirkt haben, und wie sich die Situation im Zeitfenster um 2050 unter verschiedenen Klimaprojektionen weiter verändert haben könnte.

Methoden

Temperatur-Feuchte-Index

Zur Charakterisierung von Hitzestress bei Nutztieren stehen verschiedene Indizes unterschiedlicher Komplexität zur Verfügung, welche aus Temperatur und Luftfeuchtigkeit berechnet werden (Bohmanova *et al.* 2007). Für die vorliegende Betrachtung wurde ein Temperatur-Feuchte-Index gewählt (*Temperature-Humidity-Index*, THI), der sich aus den Tagesmittelwerten von Temperatur (T) und relativer Luftfeuchtigkeit (rF) zusammensetzt. Der Vorteil des THI liegt darin, dass die rF im Gegensatz zur absoluten Luftfeuchtigkeit auch mit steigenden Temperaturen als relativ konstant betrachtet werden kann (Willett *et al.* 2007).

Die Berechnung des THI erfolgte nach folgender Formel (nach Thom 1958):

$$THI = 0{,}8 \times T + (rF / 100) \times (T - 14{,}4) + 46{,}4$$

Zur Beurteilung der berechneten THI Werte für Milchkühe wurde die unter anderen von Armstrong (1994) vorgeschlagene Einteilung verwendet:

<72: Kein Stress
72–78: Milder Stress
79–89: Moderater Stress
>89: Ausgeprägter Stress

Zur Beurteilung der Entwicklung der Hitzebelastung in der Vergangenheit wurde für die Referenzperiode der Index THI aus den täglichen Messdaten für acht ausgewählte Stationen berechnet. Untersucht wurden der Verlauf des Jahresmittelwertes und des maximalen Tagesmittelwertes des THI, sowie der Anzahl Tage mit einem THI >72. In einem zweiten Schritt wurden dieselben Parameter anhand der Klimaszenarien für den Zeithorizont 2050 (2036–2065) berechnet, um die künftige Entwicklung der Hitzebelastung abzuschätzen.

›

Zusammenfassung

Mit dem Klimawandel steigen die Temperaturen in der Schweiz. Damit nimmt auch das Risiko für Hitzestress bei Nutztieren zu. Basierend auf der Auswertung eines Temperatur-Feuchte-Indexes für ausgewählte Standorte konnte gezeigt werden, dass dieses Risiko im Tagesdurchschnitt für Milchkühe während der letzten 30 Jahre an mehreren Orten bereits deutlich angestiegen ist, während sich die Extremwerte dieses Indexes kaum veränderten. Die künftige Entwicklung des Risikos für Hitzestress wurde auf der Basis von zwei Klimaszenarien für den Zeithorizont 2036 bis 2065 untersucht. Diese Projektionen zeigen, dass das Risiko besonders an wärmeren Standorten beträchtlich sein kann. Besonders ausgeprägt ist die Zunahme der Anzahl Tage mit Hitzebelastung. Die Ergebnisse belegen den Bedarf für Massnahmen in der Milchviehhaltung zur Anpassung an den künftigen Klimawandel.

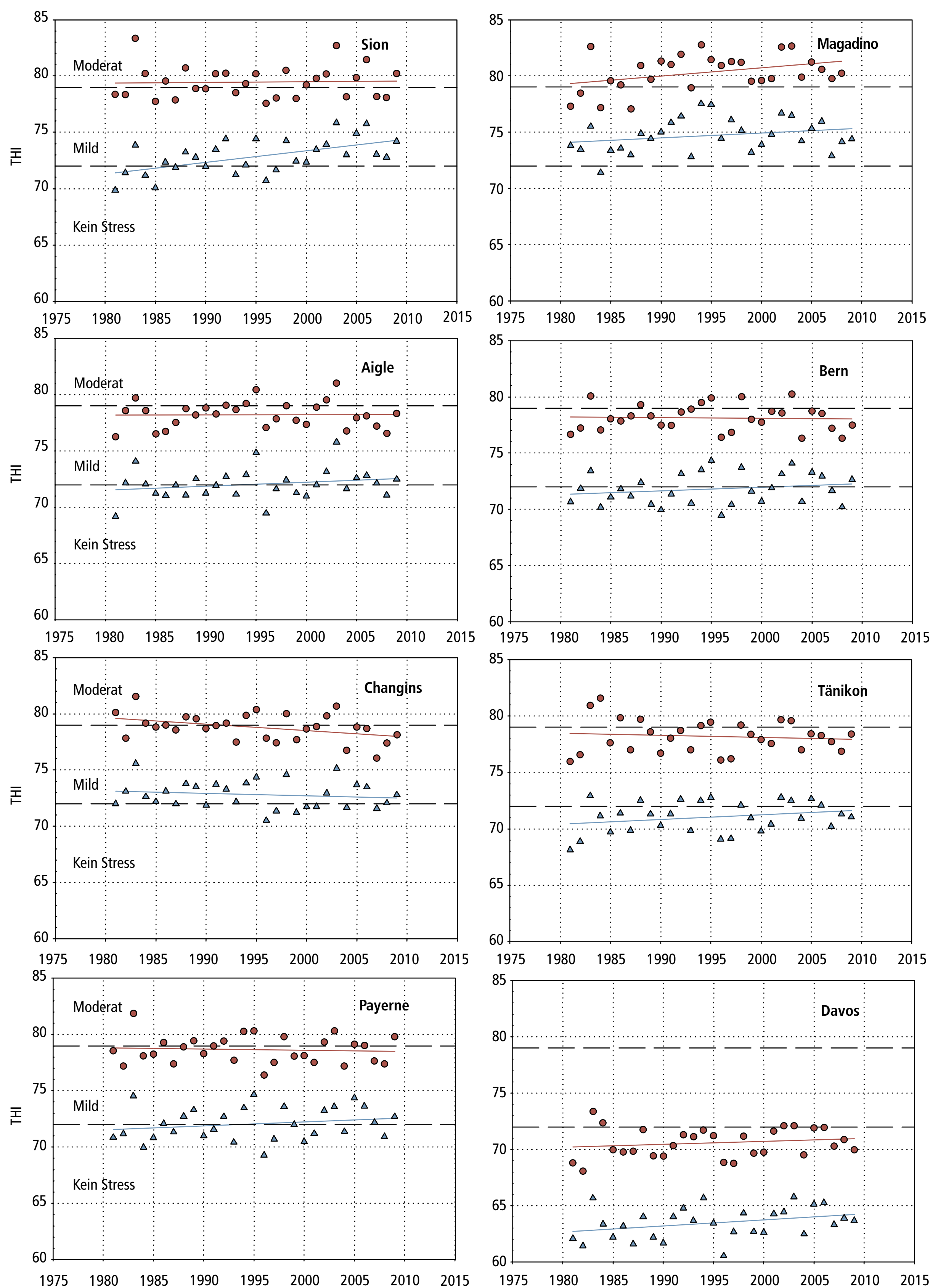


Abb. 1 | Verlauf des Jahresmittels (blaue Symbole) und des maximalen Tageswertes (rote Symbole) des Temperatur-Feuchte-Indexes THI in den Jahren 1981 bis 2009 (mit linearer Trendlinie) an ausgewählten Standorten. Gestrichelte Linien stellen die Grenzen zwischen «keinem» und «mildem» sowie zwischen «mildem» und «moderatem» Hitzestress dar.

Tab. 1 | **Klimadaten (Jahresmittelwerte) für die Referenzperiode 1981–2009**

Station	Temperatur (°C)	Relative Luftfeuchtigkeit (%)
Davos	4,0	71,0
Tänikon	8,7	75,9
Bern	9,3	74,8
Payerne	9,6	76,0
Aigle	10,1	75,4
Changins	10,5	72,2
Sion	10,5	68,3
Magadino	11,7	70,5

Klimadaten und -szenarien

Für die Berechnungen wurden acht ländliche Stationen in verschiedenen Landsteilen ausgewählt, die einen möglich grossen Bereich von T und rF abdecken. Mittelwerte für die beiden Schlüsselgrössen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Der Bereich für T reicht von 4 °C am alpinen Standort Davos bis gegen 12 °C im Tessin (Magadino), die Spannweite der rF Werte ist dagegen geringer (68–76 %). Tägliche Daten für T und rF für die Referenzperiode 1981 bis 2009 wurden von der Datenbank von Meteoschweiz (www.meteoschweiz.ch) bezogen.

Die Simulation des THI unter zukünftigen Klimabedingungen erfolgte auf der Basis von zwei Klimaszenarien. Diese nehmen Bezug auf Klimasimulationen für 1951 bis 2100 des EU-Projektes ENSEMBLES (van der Linden und Mitchell 2009), nämlich die Simulationen mit den regionalen Klimamodellen ETHZ-CLM und SMHIRCA-BCM (für Details siehe http://ensemblesrt3.dmi.dk/). Für die Schweiz liefern diese zwei Modellläufe in etwa eine obere («extremes» Szenario) beziehungsweise untere («mildes» Szenario) Grenze der möglichen Klimaentwicklungen, die aus der Gesamtheit der ENSEMBLES-Szenarien resultierten. Ausgehend vom A1B-Emissionsverlauf (ausgewogener Energiemix unter der Voraussetzung, dass alle Energiequellen einen ähnlichen technologischen Fortschritt erfahren) liefert die Simulation mit ETHZ-CLM für die Zeitspanne 2036 bis 2065 eine Zunahme der saisonalen Mitteltemperatur gegenüber 1981 bis 2010 von 2 bis 2,5 °C in den Monaten Oktober bis Juni und von 3 bis 3,5 °C in den Monaten Juli, August und September. Die Temperaturzunahme bis 2036–2065 ist mit SMHIRCA-BCM moderater, das heisst um +1 °C in Winter/Frühling und Herbst, und gegen +1,5 °C während der Sommermonate.

Da die Berechnung des THI auf Tagesbasis erfolgte, musste die aus ETHZ-CLM und SMHIRCA-BCM gewonnene, saisonale Information zeitlich disaggregiert werden. Dies geschah für Temperatur und Globalstrahlung mit Hilfe eines statistischen Verfahrens, einem sogenannten stochastischen «Wettergenerator» (LARS-WG nach Semenov 2007 sowie Semenov und Stratonovitch 2010), der aufgrund beobachteter Zeitreihen synthetische Wetterdaten für die gewünschten Standorte generierte. Statistische Tests zeigten, dass die tägliche Variabilität des Wetters sehr gut wiedergegeben wird. Allerdings wird die Jahr-zu-Jahr-Variabilität der saisonalen Witterung unterschätzt, da dafür kein statistisches Modell verfügbar ist.

Daten für rF wurden folgendermassen berechnet. Zuerst wurde die Annahme getroffen, dass der mittlere Jahresgang von rF im künftigen Klima unverändert bleibt (Willett *et al.* 2007). In einem weiteren Schritt wurde dann die tägliche Abweichung vom mittleren Jahresgang als Funktion der Globalstrahlung berechnet. Hier wurde von der Hypothese ausgegangen, dass bei heiterem Himmel die Minimalwerte von rF am frühen Nachmittag kleiner ausfallen als bei bewölktem Himmel oder bei Regen. Zuletzt wurde eine kleine stochastische Rauschkomponente addiert, welche die restliche Variabilität in den Beobachtungen simuliert. Für die ausgewählten Standorte zeigte der Vergleich zwischen den in der Vergangenheit (Referenzperiode 1981–2009) beobachteten und den mit dieser Methode berechneten Werten für rF, dass diese Vorgehensweise zuverlässige Resultate liefert.

200 Jahre synthetischer Wetterdaten wurden mit LARS-WG sowohl für die Referenzperiode (1981–2009) als auch für jedes der beiden Szenarien für den Zeithorizont 2050 (2036–2065) generiert, und daraus entsprechende THI-Werte berechnet.

Resultate

Entwicklung 1981 bis 2009

In einem ersten Schritt wurde die zeitliche Entwicklung des THI über die letzten 30 Jahre betrachtet. Die Daten für die ausgewählten acht Stationen zeigen einen unterschiedlichen Verlauf (Abb. 1). Die Zunahme des mittleren THI ist für die Stationen Sion und Magadino ausgeprägt, für die übrigen Standorte ist eine solche nur schwach oder gar nicht (Changins) vorhanden. Im Gegensatz zum mittleren THI veränderte sich der maximale Tageswert des THI im betrachteten Zeitraum kaum, mit Ausnahme der Station Magadino im Tessin und ganz schwach in Davos. Der Unterschied im Verlauf zwischen Mittel- und Maximalwert ist dadurch bedingt, dass die ›

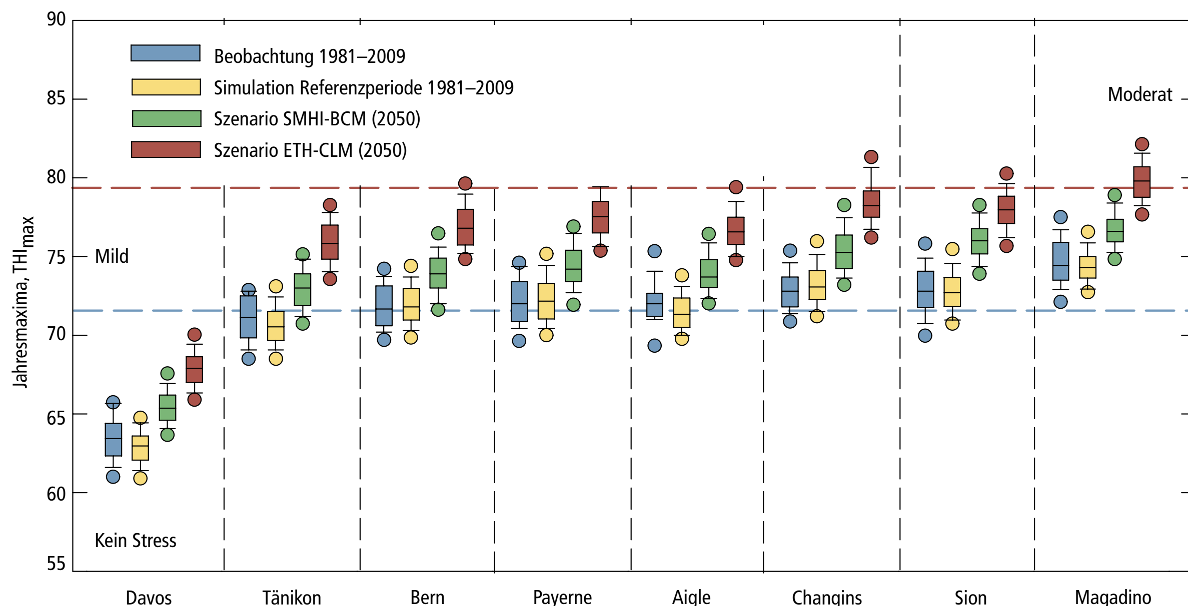


Abb. 2 | Jährlicher Maximalwert des Temperatur-Feuchte-Index THI an ausgewählten Standorten für die letzten 30 Jahre und für zwei verschiedene Klimaszenarien. Boxplot mit Median, 25/75-%-, 19/90-%- und 5/95-%-Perzentilen. Horizontale gestrichelte Linien stellen die Grenzen zwischen «keinem» und «mildem» sowie zwischen «mildem» und «moderatem» Hitzestress dar.

Minimaltemperaturen stärker anstiegen als die Maxima. Die Werte für den mittleren THI bewegten sich im Bereich des Schwellenwerts für eine milde Stressbelastung, das heisst bei einem THI um 72. Die höchsten Werte im Bereich «milder Stress» (THI 72–78) traten erwartungsgemäss an den wärmsten Standorten auf (Sion, Magadino), die tiefsten am höher gelegenen Standort Davos. Der maximale THI bewegte sich im Grenzbereich zwischen «mildem» zu «moderatem» (THI 79–89) Stress. Ausgeprägte Stressbedingungen mit THI >89 traten in der gewählten Zeitperiode nicht auf.

Künftige Entwicklung

Sowohl für die jahresmaximalen Werte des THI als auch für die Anzahl Tage mit THI >72 sind die mittels LARS-WG für die Referenzperiode (1981–2009) berechneten Klimadaten mit jenen vergleichbar, die für diesen Zeitraum anhand der gemessenen Stationsdaten ermittelt wurden (Abb. 2 und 3). Für den jahresmaximalen THI sind neben den Mittelwerten auch die Streubereiche vergleichbar, während für die Anzahl Hitzestresstage (THI >72) die Streubereiche aufgrund der LARS-WG Simulationen kleiner sind, was mit der Unterschätzung der Jahr-zu-Jahr-Variabilität der saisonalen Witterung einhergeht.

Insgesamt ergaben die Berechnungen, dass sowohl die Durchschnittswerte des jahresmaximalen THI als auch dessen 5-%-Perzentil mit beiden Klimaszenarien an fast allen Standorten über den Schwellenwert von 72 ansteigen (Abb. 2). Die Ausnahme bildet Davos; für diesen Standort wurde auch mit dem «extremen» Klimaszenario kein erhöhtes Stressrisko festgestellt. Demgegenüber nimmt die Anzahl Tage pro Jahr mit THI-Werten von über 72 an den wärmeren Standorten Payerne, Changins, Magadino und Sion deutlich zu (Abb. 3).

Die Auswirkung der Klimaszenarien ist bei der Anzahl Tage mit THI >72 deutlicher erkennbar als bei den maximalen Tageswerten. Die Daten zeigen, dass die Anzahl solcher hitzebelastender Tage gegenüber der Referenzperiode mit dem «extremen» Klimaszenario an mehreren Standorten um einen Faktor 2 bis 3 höher liegt. In einzelnen Jahren stieg an fünf der untersuchten Standorte die Anzahl der

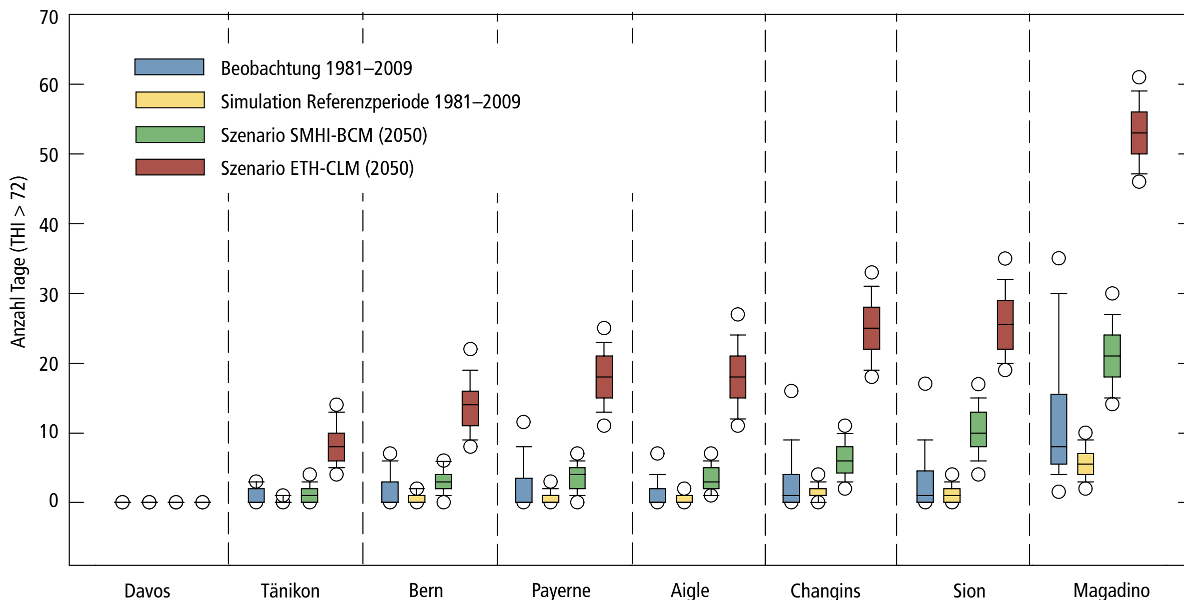


Abb. 3 | Anzahl Tage mit THI >72 (milder Hitzestress) an ausgewählten Standorten für die letzten 30 Jahre und für zwei verschiedene Klimaszenarien. Boxplot mit Median, 25/75-%-, 19/90-%- und 5/95-%-Perzentilen.

Tage mit THI >72 auf über 50. Im Gegensatz dazu liegt die Anzahl kritischer Tage mit dem «milden» Klimaszenario bei den meisten Standorten noch innerhalb des Streubereichs der Ergebnisse, die aus den Beobachtungen für die Referenzperiode 1981 bis 2009 berechnet wurden.

Diskussion

Die Klimaentwicklung der vergangenen Jahre und die Projektionen bis Mitte des Jahrhunderts lassen erwarten, dass die klimatischen Bedingungen für Nutztiere in der Schweiz in Zukunft im Zuge des Klimawandels häufiger ungünstig sein werden, wie das für andere Regionen der Welt bei bereits geringer Erwärmung erwartet wird (IPCC 2007). Diese Veränderung betrifft sowohl Tiere in Weidehaltung als auch Tiere in offenen Stallsystemen. Entscheidend dabei ist die Zunahme der Temperatur, während rF auch bei steigender absoluter Feuchte der Atmosphäre einigermassen konstant bleibt (Willett 2007). Diese Klimaentwicklung wirkt sich nachteilig auf das Wohl und die Leistung von Nutztieren aus. Für Milchkühe heisst das, dass die Tiere ohne geeignete Gegenmassnahmen zunehmend unter Hitzestress leiden und Milchleistung (West 2003) und -qualität (Palmquist *et al.* 1993) sinken könnten. In der Schweiz war dies bisher nur in extremen Jahren wie im Sommer 2003 der Fall, als die THI-Werte zum Beispiel am Standort Bern in den Monaten Juli/August um bis zu 15 Einheiten höher lagen als im «Normaljahr» 2002. Nach Fischer *et al.* (2005) war im Sommer 2003 in Milchproduktionsbetrieben Brandenburgs die Futteraufnahme bei Milchkühen trotz moderner Fütterungstechnik und Stallhaltung hitzebedingt um bis zu 15 % reduziert, was mit einer um zirka 10 % geringeren Milchleistung einher ging.

Besonders an bereits wärmeren Standorten wird bei einem künftigen, starken Temperaturanstieg von über zirka 2 °C (extremes Szenario) die Zeit mit THI-Werten über 72 gegen zwei Monate betragen. Als mögliche Reaktion auf eine solche Häufung von Tagen mit Stressbelastung bieten sich Veränderungen im Weidemanagement an, wie zum Beispiel der vermehrte Einsatz von Nachtweide. Weitere geeignete Massnahmen sind das ›



Abb. 4 | Beschattungsmöglichkeiten auf der Weide werden im Zuge des Klimawandels wichtiger. (Foto: ART)

Anbieten von Schatten auf der Weide (Abb. 4) und im Laufhof (Schütz *et al.* 2008, 2009; Tucker *et al.* 2008), die Installation von Berieselungsanlagen zur Kühlung der Tiere (Legrand *et al.* 2011, Schütz *et al.* 2011) oder die Verlagerung der Weidehaltung in höhere Gebiete, wodurch die Bedeutung der voralpinen und alpinen Gebiete für die Milchviehhaltung steigt und die Sömmerung ein neues Gewicht bekommen könnte. Auch in Bezug auf die Zucht bestehen Anpassungsmöglichkeiten, indem Rassen und Zuchtlinien von Milchkühen bevorzugt werden, die besser an wärmere klimatische Bedingungen angepasst sind (West 2003). Solche Massnahmen können aber Kosten verursachen, wenn es um notwendige Investitionen für Schutzeinrichtungen geht. Es wird abzuwägen sein, welche Massnahmen unter Berücksichtigung von Nutzen und Kosten vorzugsweise eingesetzt werden sollen. Die Ergebnisse der Studie machen aber deutlich, dass mittel- und langfristig mit dem Klimawandel – trotz bestehender Unsicherheiten in den Klimaprojektionen – die eine oder andere Anpassung in der Milchviehhaltung unumgänglich sein dürfte. Darüber hinaus ist zu erwarten, dass auch andere Nutztierarten wie zum Beispiel Schweine oder Geflügel in der Schweiz zunehmend einer Hitzebelastung ausgesetzt sein werden und deren Haltung entsprechend angepasst werden muss. ■

Riassunto

Il cambiamento climatico incide sul benessere delle vacche da latte

In Svizzera, il cambiamento climatico comporta un innalzamento delle temperature, con conseguente aumento del rischio di stress termico per gli animali da reddito. Sulla base della valutazione di un indice di temperatura-umidità incentrato su località selezionate è stato possibile dimostrare che durante gli ultimi trent'anni il rischio medio giornaliero per le vacche da latte ha già subito un sensibile incremento in diversi luoghi, mentre i valori estremi sono rimasti pressoché invariati. L'evoluzione futura del rischio di stress termico è stata studiata sulla base di due scenari climatici temporali per gli anni 2036–2065. Tali proiezioni indicano che il rischio potrà essere notevole soprattutto nelle regioni più calde. Particolarmente marcata è la crescita del numero di giorni di canicola. I risultati documentano la necessità di misure d'adeguamento al cambiamento climatico nell'ambito della detenzione di bestiame da latte.

Summary

Climate change affects welfare of dairy cows

Climate change is leading to higher temperatures across Switzerland, increasing the risk of heat stress in livestock. Analyzing a «Temperature-Humidity Index» at various locations, it could be shown that the risk for dairy cows already grew substantially on a daily average over the past 30 years, whereas the maximum of the index did not change much. Future trends of the index were analyzed on the basis of two climate scenarios for the time period 2036–2065. These projections show that, at the warmer sites in particular, future risks could be substantial. Especially marked is the increase in the number of days with heat stress. The results emphasize the need for measures to be taken in order to adapt animal husbandry to future climate change.

Key words: climate change, heat stress, livestock, animal welfare.

Literatur

- Allen R. G., Pereira L. S., Raes D. & Smith M., 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Rome, 300 pp.
- Armstrong, D. V., 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* **77**, 2044–2050.
- Bohmanova J., Misztal I. & Cole J. B., 2007. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *J. Dairy Sci.* **90**, 1947–1956.
- Ceppi P., Scherrer S. C., Fischer A. M. & Appenzeller C., 2010. Revisiting Swiss temperature trends 1959–2008. Int. J. Clim., DOI: 10.1002/joc.2260
- Fischer A., Eulenstein F., Willms M., Müller L., Schindler U. & Mirschel W., 2005. Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Tierproduktion in Nordostdeutschland. *In:* Wiggering H., Eulenstein F., & Augustin J. [Hrsg.]: Entwicklung eines integrierten Klimaschutzmanagements für Brandenburg: Handlungsfeld Landwirtschaft, (DS 3/6821-B): 59–65; Müncheberg (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung).
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Parry M. L., Canziani O. F., Palutikof J. P., van der Linden P. J. & Hanson C.E. (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kadzere C. T., Murphy M. R., Silanikove N. & Maltz E., 2002. Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livest. Prod. Sci.* **77**, 59–91.
- Legrand A., Schütz K. E. & Tucker C. B., 2011. Using water to cool cattle: Behavioral and physiological changes associated with voluntary use of cow showers. *J. Dairy Sci.* **94**, 3376–3386.
- Palmquist D. L., Beaulieu A. D. & Barbano D. M., 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.* **76**, 1753–1771.
- Schütz K. E., Cox N. R. & Matthews L. R., 2008. How important is shade to dairy cattle? Choice between shade or lying following different levels of lying deprivation. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **114**, 307–318.
- Schütz K. E., Rogers A. R., Cox N. R. & Tucker C. B., 2009. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: Shade use, behavior and body temperature. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **116**, 28–34.
- Schütz K. E., Rogers A. R., Cox N. R., Webster J. R. & Tucker C. B., 2011. Dairy cattle prefer shade over sprinklers: Effects on behavior and physiology. *J. Dairy Sci.* **94**, 273–283.
- Semenov M., 2007. Development of high-resolution UKCIP02-base climate change scenarios in the UK. *Agricult. Forest Meteorol.* **144**, 127–138
- Semenov M. & Stratonovitch P., 2010) Use of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts. *Clim. Res.* **41**, 1–14.
- Thom E. C., 1958. Cooling-degree days. Air conditioning, heating and ventilation. Trans. *Am. Soc. Heat* **55**, 65–72.
- Thom E. C., 1958. The discomfort index. *Weatherwise* **12**, 57–60.
- Tucker C. B., Rogers A. R. & Schütz K. E., 2008. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **109**, 141–154.
- van der Linden P. & Mitchell J. F. B. (eds.), 2009. ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK. 160 pp.
- West J. W., 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* **86**, 2131–2144.
- Willett K. M., Gillett N. P., Jones P. D. & Thorne P. W., 2007. Attribution of observed surface humidity changes to human influence. *Nature* **449**, 710–712